

Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido*

Physico-chemical characterization of organic substrates for cucumber (*Cucumis sativus* L.) production under a protected system

Flor Valeria Galindo Pardo¹, Manuel Fortis Hernández^{1§}, Pablo Preciado Rangel¹, Radames Trejo Valencia², Miguel Ángel Segura Castruita¹ y Jorge Arnaldo Orozco Vidal¹

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27190. Tel: 01 871 7507198, (valery0510@hotmail.com, fortismanuel@hotmail.com, ppreciador@yahoo.com.mx, dmily5@hotmail.com, joorvi66@hotmail.com). ²Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST)-Área de Investigación. Arcos de Belén Núm. 79, Col. Centro, Delegación Cuauhtémoc, México, D. F. C. P. 06010. Tel. 5536018600 (drupm08@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com.

Resumen

El presente trabajo pretende aportar información sobre el uso de sustratos orgánicos elaborados a partir de estiércol bovino tratado para la producción de pepino. El trabajo se realizó en Invernadero durante el año 2011 en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), Torreón, Coahuila. El diseño experimental fue completamente al azar; considerando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones: vermicompost + arena (20:80 v/v); estiércol solarizado + arena (20:80); vermicompost + estiércol solarizado + arena (10:10:80) y un tratamiento testigo (solución steiner). Las mezclas de sustratos se formularon en base a volumen (v/v), utilizando bolsas de polietileno negro de 15 kg de peso. El material genético fue el híbrido Hisham 1110-EZ. Las variables evaluadas en planta fueron altura, peso fresco y seco, rendimiento, calidad de fruto, sólidos solubles y análisis químico foliar; en el sustrato se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados indicaron respuesta significativa en altura, rendimiento y en el análisis del tejido vegetal, así como en CE y pH. El rendimiento de pepino fue mayor con la utilización de la solución Steiner (9.87 kg m⁻²); la mezcla de arena más

Abstract

This paper provides information on the use of organic substrates made from cattle manure treated to cucumber production. The work performed in greenhouse conditions in 2011, at the Technological Institute of Torreón (ITT), Torreón, Coahuila. The experimental design was completely randomized; considering four treatments with four replications: vermicompost + sand (20:80 v/v); solarized manure + sand (20:80); vermicompost + solarized manure + sand (10:10:80) and a control treatment manure (Steiner solution). The substrate mixtures were formulated based on volume (v/v) using 15 kg black polyethylene bags. The genetic material was the hybrid Hisham 1110-EZ. The evaluated variables were plant height, fresh and dry weight, yield, fruit quality, leaf soluble solids and chemical analysis; substrate in the physical, chemical and microbiological parameters were also evaluated. The results indicated significant response in height, and analyzing yield of the plant tissue, as well as pH and EC. Cucumber yield was higher with the Steiner solution (9.87 kg m⁻²); mixing of sand + vermicompost (80:20) obtained the highest yield of organic

vermicompost (80:20) obtuvo el mayor rendimiento de los sustratos orgánicos con un rendimiento de 8.45 kg m⁻². Éstos resultados permiten suponer que la utilización del sustrato de arena con vermicompost, como medio de crecimiento y nutrición, podría permitir reducir la fertilización tradicional, lo cual se considera una mejora en los sistemas de producción orgánica bajo invernadero.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., estiércol solarizado, invernadero, vermicompost.

Introducción

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante del país con más de 550 000 cabezas de ganado bovino que anualmente excretan 1 200 000 toneladas de estiércol base seca (SAGARPA, 2009). La intensificación de la producción de la industria lechera aumenta la generación de estiércol, lo cual origina una gran cantidad de nutrientes desechados y concentrados en un área pequeña (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). Así como una serie de impactos al ambiente por el manejo inadecuado de este residuo.

En el suelo o en el medio donde se incorpora este residuo puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes (nitrógeno, fósforo), metales pesados, microorganismos patógenos (*Escherichia coli*), antibióticos, y compuestos que interactúen con el sistema endócrino (hormonas esteroidales, fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas) (Powers, 2009). Otro impacto ambiental producido por el manejo inadecuado del estiércol, es la salinización del suelo por la aplicación desmedida y directa al mismo, si a esto le sumamos las escorrentías o lixiviaciones puede llegar a contaminar los mantos acuíferos (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012).

Una alternativa viable para disminuir el impacto ambiental negativo de esta excreta ganadera es el reciclaje de este desecho como sustrato para la nutrición de los cultivos. El estiércol bovino es una excelente fuente de nutrientes que puede contribuir a la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios al reducir el uso de fertilizantes inorgánicos.

En México, la NOM-037-FITO-1995 (DOF, 1997) establece que el estiércol debe ser tratado antes de ser utilizado; se debe compostear, pasteurizar, secado por vapor o por radiación UV con el fin de reducir la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helminto.

substrates, 8.45 kg m⁻². These results suggest that, the use of sand substrate with vermicompost as a means of growth and nutrition, could allow reducing traditional fertilization, which is considered an improvement in systems of organic greenhouse production.

Keywords: *Cucumis sativus* L., greenhouse, solarized manure, vermicompost.

Introduction

The Laguna Region is the country's largest dairy area with more than 550 000 head of cattle annually excrete 1.2 million tons of dry basis manure (SAGARPA, 2009). Enhanced production of dairy manure generation increases, which causes a lot of nutrients discarded and concentrated in a small area (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). As well as a number of impacts on the environment by improper management of the waste.

On the ground or in the medium where it is incorporated, this residue can be seriously affected if the manure contains high concentrations of nutrients (nitrogen, phosphorus), heavy metals, pathogenic microorganisms (*Escherichia coli*), antibiotics, and compounds that interact with the system endocrine (steroid hormones, phytoestrogens, pesticides and herbicides) (Powers, 2009). Another environmental impact caused by improper handling of manure, soil salinization is the excessive and direct at the same application, if we add runoff or leaching it can contaminate the aquifers as well (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012).

A viable alternative to reduce the negative environmental impact of livestock excreta is recycling this waste as a substrate for crop nutrition. Bovine manure is an excellent source of nutrients that can contribute to the sustainability of agricultural systems to reduce the use of inorganic fertilizers.

In Mexico, the NOM-037-PHYTO-1995 (DOF, 1997) states that the manure must be treated before being used; composted must pasteurize, steam drying or by UV radiation in order to reduce the amount of heavy metals, and helminth ova fecal coliforms.

One method that has been successfully used in agriculture for disinfecting is solar-radiation, a hydrothermal technique in land that for several weeks the ground is covered with a polyethylene layer without having the ability to capture the

Un método que ha sido utilizado con éxito en la agricultura para desinfección es la solarización, una técnica hidrotermal de cobertura de suelos en la que por varias semanas se cubre el suelo con una película de polietileno sin albedo que tiene la capacidad de capturar la radiación solar y aumentar significativamente la temperatura causando efectos físicos, químicos y biológicos (Jayaraj *et al.*, 2007). El efecto de la solarización se debe principalmente a la inactivación térmica de patógenos debido a las altas temperaturas alcanzadas en el suelo (Khalid *et al.*, 2006).

Habitualmente la descomposición de los residuos orgánicos es un proceso de baja velocidad, sin embargo, otro mecanismo como el vermicomposteo, puede acelerar dicha velocidad, con el aumento de los ácidos fúlvicos (Romero, 2007). Vermicompost se genera como resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices. Los residuos se transforman en un material rico en elementos nutritivos, fácilmente asimilables para las plantas (Moreno *et al.*, 2008). Una vez obtenido el vermicompost, éste puede ser utilizado como abono orgánico, mejorador del suelo y ser usado como sustrato para hortalizas en invernaderos. Como sustrato, el vermicompost tiene gran potencial para el desarrollo de diversas especies vegetales. De hecho, el empleo del vermicompost ha provocado efectos significativos sobre diversas hortalizas y especies ornamentales (Moreno *et al.*, 2005). Vermicompost contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje y los medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Estudios realizados en invernadero con sustratos orgánicos, señalan que una alternativa es elaborar un sustrato a base de compost y medios inertes como arena (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). De acuerdo al contenido de elementos en el compost, por sí solo podría cubrir la demanda o bien, algunas veces, sería necesario adicionar macroelementos o, en su defecto, sólo quelatos para garantizar la calidad de la cosecha (Figuroa, 2001). La respuesta de sustratos orgánicos en el rendimiento de cultivos hortícolas ha sido atractiva, por ejemplo, Tuzel *et al.* (2003) determinaron el rendimiento de tomate de 9.37 a 10.67 kg m⁻²; el tomate cherry orgánico en invernadero, rindió 54.08 t ha⁻¹ (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). Dado lo anterior, se desarrolló el presente trabajo que tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de cinco sustratos orgánicos elaborados a partir de vermicompost,

radiation itself and significantly increase the temperature causing physical, chemical and biological effects (Jayaraj *et al.*, 2007). The solarization effect is mainly due to thermal inactivation of pathogens due to the high temperatures reached in the soil (Khalid *et al.*, 2006).

Typically the organic waste decomposition process is of low speed; however, as another mechanism, vermicomposting, this speed can be accelerated, with the increase of fulvic acid (Romero, 2007). Vermicompost is generated as a result of biochemical and microbiological transformations of organic waste, caused in the gut of earthworms. The waste is transformed into a material rich in nutrients easily assimilable to plants (Moreno *et al.*, 2008). After obtaining the vermicompost, it can be used as mulch, soil improver and be used as a substrate for vegetables in greenhouses. As substrate, vermicompost has great potential for the development of various plant species. In fact, the use of vermicompost has caused significant effects on various vegetables and ornamental species (Moreno *et al.*, 2005). Vermicompost contains active substances that act as growth regulators, elevate the cation exchange capacity (CEC), has a high content of humic acids, and increase the moisture holding capacity and porosity which makes the aeration, drainage and media growth (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Studies conducted in the greenhouse with organic substrates, indicated that an alternative is to produce a compost-based substrate and inert media such as sand (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). According to the contents of elements in the compost, alone could meet the demand or sometimes be necessary to add macro-or, alternatively, only chelates to ensure quality (Figuroa, 2001) crop. The response of organic substrates in horticultural crop yield has been attractive, for example, Tuzel *et al.* (2003) determined the yield of tomato 9.37 to 10.67 kg m⁻²; organic cherry tomato greenhouse, yielded 54.08 t ha⁻¹ (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). Considering this, the present work had as main objective evaluate the effect of five organic substrates made from vermicompost, solarized cattle and goat manure for the development, yield and cucumber quality; in addition to measuring the effect on CE, MO, pH, nitrates and ammonium substrate.

These records suggest that, the development of plant species in greenhouse traditionally subject to using nutrient solutions may be satisfied by the use of substrates of organic origin, such as vermicompost, and solarized manure, reducing the use of synthetic fertilizers. Furthermore, the use of organic

estiércol solarizado bovino y caprino en el desarrollo, rendimiento y calidad de pepino; además de medir el efecto en la CE, MO, pH, nitratos y amonio del sustrato.

Éstos antecedentes permiten suponer que el desarrollo de las especies vegetales en invernadero, tradicionalmente supeditado al uso de soluciones nutritivas, se puede satisfacer con el empleo de sustratos de origen orgánico, como el vermicompost, y el estiércol solarizado, reduciéndose el empleo de fertilizantes sintéticos. Además, el uso de sustratos orgánicos ha cobrado mayor importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico -ya que son de bajo costo- y como fomento hacia una agricultura orgánica. En este sentido la presente investigación pretende evaluar la viabilidad técnica de sustratos derivados de estiércol bovino tratados que mejoren la nutrición del cultivo de pepino, así como también realizar su caracterización física, química y microbiológica.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en 2011, en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en km 7.5 de la carretera Torreón-San Pedro, en el municipio de Torreón, Coahuila, geográficamente ubicado a 26° 30' 15" latitud norte y 103° 22' 07" latitud oeste a una altura de 1 150 msnm.

El invernadero fue de tipo Mini-Green de 120 m², ampliamente recomendado para la investigación y desarrollo de nuevas técnicas de cultivo, hidroponía, etc, ideal para germinación de semillas, enraizamiento de estacas, producción de flores, hortalizas, plantas de ornato, especies forestales, exhibición y venta de plantas. Está compuesto por una combinación de columnas verticales con arco gótico, que lo hacen un invernadero estético, funcional y económico. La estructura está fabricada con perfiles cuadrados de 1.25" y 1.5" en calibre de 2 mm con ensambles telescópicos. La ventilación está provista de cortinas enrollables por medio de manivela, acondicionada con malla anti-insectos color cristal 25*25 hilos/pulgada. La cubierta de polietileno tratado contra rayos ultra violeta, cal 720, difuso 30% sombra; sujeto por un sistema polygrap de alta eficiencia y seguridad.

Los tratamientos fueron cuatro sustratos, tres de origen orgánico y un tratamiento testigo con solución nutritiva Steiner (1984). El estiércol bovino fue solarizado en terrenos del campo experimental del ITT y vermicompost fue obtenido del lombricario del ITT. Después de su elaboración se tomaron muestras de cada sustrato para realizar análisis nutrimentales.

substrates has become more important for many reasons; from the economic point of view because they are cheap and also to promote organic farming. Thus this research aims to assess the technical feasibility of substrates derived from treated cattle manure to improve crop nutrition cucumber, as well as performing physical, chemical and microbiological characteristics.

Materials and methods

The experiments were made in 2011, in a greenhouse of the Technological Institute of Torreón (ITT), located at km 7.5 of the Torreón-San Pedro road in the town of Torreón, Coahuila, geographically located at 26° 30' 15" north latitude and 103° 22' 07" west longitude at an altitude of 1 150 m.

The greenhouse was Mini-Green type of 120 m², widely recommended for research and development of new farming techniques, hydroponics, etc, ideal for seed germination, rooting cuttings, production of flowers, vegetables, ornamental plants, forest trees, display and plant sale. It is composed of a combination of vertical columns with Gothic arch, making it aesthetic, functional and economic emissions. The structure is made with square profile 1.25" and 1.5" in size 2 mm, with telescopic assemblies. Ventilation is provided with roller blinds through crank-in anti-insect mesh crystal color 25*25 threads/inch. Treated polyethylene cover for Ultra violet lightning, cal 720, with 30% shade diffuse; subject polygrap system for high efficiency and safety.

The treatments were four substrates, three of organic origin, and a control treatment with nutrient solution Steiner (1984). The cattle dung was solarized in lands of experimental ITT and vermicompost was obtained from ITT lombricario. After processing each substrate, samples were taken for nutrient analysis. Containers or 15 kg polyethylene bags were used. These containers were prepared on a volume basis (v:v), which generated the following treatments: T1= solarized sand + manure (80:20, v:v); T2= sand + vermicompost (80:20); T3= solarized + sand + vermicompost (80:10:10)= manure and sand control treatment (100%) + Steiner solution. The experimental design was completely randomized with four replications; we did a test and ANOVA separation means with statistical Tukey test ($p \leq 0.05$) in the statistical package SAS (2005). Chemical and physical analysis of the substrates evaluated and Steiner solution are presented in Table 1 y Table 2.

Se utilizaron contenedores o bolsas de polietileno de 15 kg de capacidad. Dichos contenedores fueron preparados en base a volumen (v:v), que generó los siguientes tratamientos: T1= arena + estiércol solarizado (80:20; v:v); T2= arena + vermicompost (80:20); T3= arena + estiércol solarizado + vermicompost (80:10:10) y tratamiento testigo= arena (100%) + solución Steiner. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones; se realizó un ANOVA y prueba de separación de medias con la prueba estadística de Tukey ($p \leq 0.05$), en el paquete estadístico SAS (2005). En el Cuadro 1 y Cuadro 2, se presentan los análisis químicos y físicos de los sustratos evaluados y la solución Steiner.

The cucumber evaluated was Hisham 1110-EZ, germinated in tray and transplanted on 10 September, 2011. Agronomic practices were recommended for greenhouse cucumber production (FUMIAF, 2005). Irrigation was applied every day and on average were 1 L of water plant⁻¹ day⁻¹; the control treatment received Steiner nutrient solution daily.

For some organic pest and disease control practices, such as garlic extract and Neem (dose of 5 cm³ per L of water) whenever there was incidence of whitefly were used. The variables were evaluated for a) plant height, stem diameter, yield, fruit

Cuadro 1. Composición físico-química de los sustratos orgánicos evaluados en la producción de pepino en invernadero.
Table 1. Physico-chemical composition of the organic substrates evaluated in greenhouse cucumber production.

Propiedades	Estiércol solarizado	Vermicompost	Estiércol solarizado más vermicompost
Textura	Arenoso	Arenoso	Arenoso
CIC (meq/100 g)	7	9	8
pH	7.96	7.91	7.93
MO (%)	8.8	7.04	7.89
CE (dS m ⁻¹)	3.26	3.21	3.67
Nitratos (ppm)	9.25	13.72	9.11
Fósforo (ppm)	16.53	15.33	16.79
Carbonatos (%)	8.9	3.3	6.35
Potasio (ppm)	228.5	198.5	201.5
Fierro (ppm)	1.82	1.76	1.91
Cobre (ppm)	0.53	0.49	0.43
Zinc (ppm)	0.65	0.53	0.67
Manganeso (ppm)	2.98	2.91	2.37
RAS	2.78	2.95	2.82
PSI	2.76	2.99	2.81

CIC= capacidad de intercambio catiónico; pH= potencial de hidrogeno; MO= materia orgánica; CE= conductividad eléctrica; RAS= relación de adsorción de sodio; PSI= porcentaje de sodio intercambiable.

Cuadro 2. Formulación de la solución nutritiva Steiner para producción de pepino en invernadero.
Table 2. Formulation of the Steiner nutrient solution in greenhouse cucumber production.

Nutrientes	Concentración
Aniones	meq L ⁻¹
NO ₃	12
H ₂ PO ₄	1
SO ₄	7
Cationes	
K	7
Ca	9
Mg	4
	mg L ⁻¹
Fe	2
Mn	0.7
Cu	0.02
Zn	0.09
B	0.5
Mo	0.05

Fuente= elaboración basada en metodología de Steiner (1984).

El pepino evaluado fue de la variedad Hisham 1110-EZ, germinado en charola y trasplantado el 10 de septiembre de 2011. Las prácticas agronómicas fueron las recomendadas para producción de pepino en invernadero (FUMIAF, 2005). El riego se aplicó cada día y en promedio fueron 1 L de agua planta⁻¹ día⁻¹; el tratamiento testigo recibió la solución nutritiva Steiner diariamente.

Se emplearon algunas prácticas orgánicas para controlar plagas y enfermedades, como extracto de ajo y Neem (dosis de 5 cm³ por L de agua) cada vez que había incidencia de mosquita blanca. Las variables evaluadas fueron para a) planta: altura, diámetro de tallo, rendimiento, calidad de fruto, sólidos solubles (°Brix) y; b) sustrato: metales pesados (Pb y Cd), materia orgánica (MO), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y nitratos (NO₃⁻).

Resultados y discusión

Metales pesados

Los resultados del análisis de varianza para la determinación de metales pesados (Pb y Cd) mostraron diferencias significativas; esto significa que los sustratos de estiércol solarizado, vermicompost y la mezcla de ambos presentaron distintas concentraciones de estos metales (Figura 1).

El estiércol solarizado mostró los mayores valores de Pb y Cd; en vermicompost y la mezcla de ambos las concentraciones fueron estadísticamente iguales. Los niveles máximos de contaminantes permitidos en el compost en algunas regiones, por ejemplo, Canadá (Gies, 1992) y la Unión Europea (Genevini *et al.*, 1997), indican que para Pb se permiten como máximo permisible 150 y 45 mg kg⁻¹, y para Cd, señalan 3 y 0.7 mg kg⁻¹, respectivamente. En México, no se tienen límites máximos permisibles para compostas, solo se cuenta para suelos y están establecidos en la NOM-EM-034-FITO-2000 (DOF, 2000). La anterior norma señala que para plomo debe haber 300 mg kg⁻¹ y en Cd 39 mg kg⁻¹. De acuerdo a las normas referenciadas los sustratos se encuentran dentro de lo establecido para ser considerarlos buenos sustratos.

Altura de planta

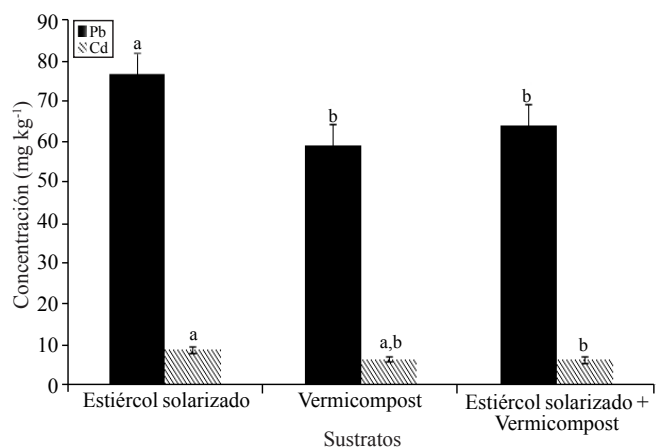
El análisis estadístico para la variable altura de planta (ALP) mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). En la Figura 2, se muestran los resultados realizados por

quality, soluble solids (°Brix) and; b) substrate: heavy metals (Pb and Cd), organic matter (OM), potential hydrogen (pH), electrical conductivity (EC) and nitrate (NO₃⁻).

Results and discussion

Heavy metals

The results of analysis of variance for the determination of heavy metals (Pb and Cd) showed significant differences; meaning that manure solarized substrates, vermicompost and mixing both had different concentrations of these metals (Figure 1).



Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figura 1. Concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los sustratos orgánicos evaluados para producción de pepino en invernadero.

Figure 1. Concentration of lead (Pb) and cadmium (Cd) in organic substrates evaluated for greenhouse cucumber production.

Solarized manure showed the highest values of Pb and Cd; in vermicompost and mixing both concentrations were statistically similar. The maximum contaminant levels allowed in the compost in some regions, such as Canada (Gies, 1992) and the European Union (Genevini *et al.*, 1997) indicate that Pb allowed as permissible maximum 150 and 45 mg kg⁻¹ and for Cd, point 3 and 0.7 mg kg⁻¹, respectively. In Mexico, there are no maximum permissible limits for composts, only account for soils and are established in NOM-EM-034-PHYTO-2000 (DOF, 2000). This rule states that for the lead, it should be 300 mg kg⁻¹ and 39 mg kg⁻¹ Cd. According to the referenced standards substrates are within the provisions to be considered good substrates.

la prueba de separación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Se puede observar que el tratamiento testigo alcanzó la mayor altura (211 cm), superando por 26 cm al tratamiento de vermicompost que alcanzó un valor de 185 cm, siendo el mejor de los sustratos orgánicos.

Respecto a la altura de planta Atiyeh *et al.* (2001) destacan que vermicompost favorece el desarrollo de los cultivos en invernaderos cuando estos se utilizan como sustratos de crecimiento, y que las diferencias detectadas en esta variable, se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas. Por otra parte, Moreno *et al.* (2005) no encontraron diferencias en altura de planta cuando utilizaron cuatro tipos de vermicompost en proporciones de arena/vermicompost de 75, 50, 25 y 0%. El crecimiento de la planta está asociada al hecho de que vermicompost contiene sustancias fenólicas las cuales son portadoras de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (PGRs) que hacen que se activen procesos de respiración y con ello, el metabolismo y la absorción vegetal (Domínguez *et al.*, 2010). Otra característica importante de esta enmienda es su capacidad de comportarse como hormona reguladora de crecimiento, siendo 1 mg L^{-1} de vermicompost equivalente en actividad a 0.01 mg L^{-1} de ácido indolacético (Delgado, 1985).

Los resultados obtenidos permiten suponer que vermicompost posee el potencial para mejorar el crecimiento de la planta en invernadero. Y las marcadas diferencias entre los otros sustratos se pudieron deber a los contenidos de elementos nutritivos disponibles (Cuadro 1) y a la naturaleza de sus comunidades microbianas, entre otros.

Materia fresca y materia seca

En cuanto a la acumulación de materia fresca y materia seca en planta, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y de acuerdo a la prueba de separación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) el tratamiento químico presentó un mayor peso de biomasa y materia seca. El tratamiento de vermicompost fue estadísticamente igual al testigo (Figura 3).

Los mayores resultados en el tratamiento testigo fueron predecibles ya que las plantas fertilizadas con solución Steiner tuvieron suministros adecuados de nutrientes, además, de un balance entre iones y cationes. Fawzy *et al.* (2012), señalan que suministros adecuados de nutrientes se asocia con niveles adecuados de

Plant height

Statistical analysis for the variable plant height (ALP) showed statistically significant differences ($p \leq 0.05$). In Figure 2, the results achieved by the separation test Tukey ($p \leq 0.05$) are shown. It can be seen that the control treatment reached the highest height (211 cm), 26 cm exceeding for the treatment of vermicompost which reached a value of 185 cm, being the best of organic substrates.

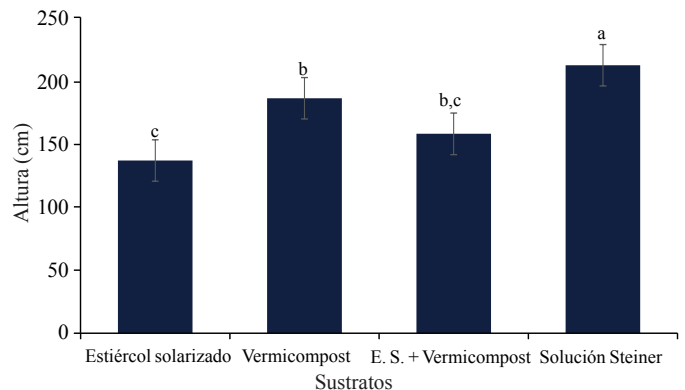


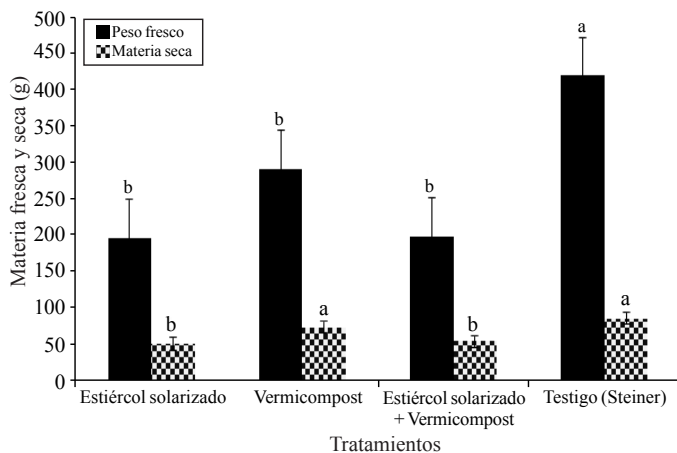
Figura 2. Comportamiento de la altura de planta en el cultivo de pepino producido en sustratos orgánicos en invernadero.

Figure 2. Plant height behaviour in cucumber cultivation in organic substrates produced in greenhouses.

Regarding plant height, Atiyeh *et al.* (2001) noted that vermicompost favours the development of crops in greenhouses when they are used as growth substrates, and that the differences detected in this variable is due to its nutrient content and the nature of their microbial communities. Furthermore, Moreno *et al.* (2005) found no differences in plant height when used four types of vermicompost in proportions of sand/vermicompost 75, 50, 25 and 0%. The plant growth is associated with the fact that vermicompost contain phenolic substances which are carriers of substances regulating plant growth (PGRs) which cause respiratory processes are activated and thus the metabolism and the plant absorption (Domínguez *et al.*, 2010). Another important feature of this amendment is their ability to act as a regulator of growth hormone, with 1 mg L^{-1} active vermicompost equivalent to 0.01 mg L^{-1} indoleacetic acid (Delgado, 1985).

The results suggest that, the vermicompost has the potential to improve plant growth in greenhouses, and that the marked differences between the other substrates could be due to the content of available nutrients (Table 1) and the nature of their microbial communities, among others.

clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso y alta calidad fotosintética. Hashemimajd *et al.* (2004), señalan que la fertilización orgánica produce una reducción en la producción de biomasa motivada por una deficiencia nutrimental, particularmente de nitrógeno y a la presencia de una alta concentración de ciertos iones (Cl^- , Na^+ , Ca^{2+}).



Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figura 3. Comparación de medias de la acumulación de materia fresca y materia seca de plantas de pepino cultivadas con diferentes sustratos orgánicos producidos en invernadero.

Figure 3. Comparison of means of accumulating fresh and dry matter of cucumber plants grown in different organic substrates produced in greenhouses.

Peil y Gálvez (2005), señalan que entre los factores ambientales, la temperatura sobre todo se emplea para controlar la distribución de biomasa en cultivos bajo invernaderos climatizados, siendo las óptimas entre 10 y 35 °C. Esto se debe al efecto directo que la temperatura tiene sobre la potencia de sumidero de los frutos individuales. La temperatura también afecta la distribución de biomasa porque las altas temperaturas (> 35 °C) estimulan el desarrollo e incrementan la aparición de flores y frutos, así como, el índice de abortos, debido al incremento de la demanda total de asimilados. Cabe señalar que temperaturas mayores a 40 °C se registraron en este trabajo.

Análisis de tejido vegetal

Se realizó un análisis de tejido vegetal, los resultados muestran que respecto a la concentración de nutrientes existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$) (Cuadro 3).

Fresh and dry matter

Concerning the accumulation of fresh and dry matter in plant, analysis of variance showed statistically significant differences between treatments according to mean separation test (Tukey, $p \leq 0.05$) the chemical treatment had a greater weight of biomass and dry matter. Vermicompost treatment was statistically similar to the control (Figure 3).

The highest results in the control treatment were predictable as the plants fertilized with Steiner solution had adequate supplies of nutrients also a balance between ions and cations. Fawzy *et al.* (2012) indicated that adequate supplies of nutrients is associated with adequate levels of chlorophyll, vigorous vegetative growth and photosynthetic high quality. Hashemimajd *et al.* (2004) suggested that organic fertilization produces a reduction in biomass production motivated by a nutritional deficiency, particularly nitrogen and the presence of a high concentration of certain ions (Cl^- , Na^+ , Ca^{2+}).

Peil and Gálvez (2005) indicated that between environmental factors, temperature is particularly used for controlling the distribution of biomass crops under heated greenhouses, being optimal between 10 and 35 °C. This is due to the direct effect that temperature has on the power drain of individual fruits. Temperature also affects the distribution of biomass because high temperatures (> 35 °C) stimulating the development and increasing the appearance of flowers and fruits, as well as the rate of abortions due to the increase in the total demand of assimilates. Note that temperatures above 40 °C were recorded in this work.

Plant tissue analysis

A plant tissue analysis was performed, the results show that over the concentration of nutrients no statistical differences between treatments (Tukey, $p \leq 0.05$) (Table 3).

The Steiner solution in N, P, K, Fe, Cu, Zn and Mn nutrients showed higher values; they were within the ranges of nutrient adequacy for this crop. In the case of organic substrates for N and K, showed values below the required ranges; this may be due to various reasons: that organic substrates did not provide the quantities required by the crop, brings problems of low production. However, for P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn and Mn, these substrates were statistically equal to each other and were within the optimal range of sufficiency.

Cuadro 3. Comparación de medias del contenido de nutrientes en hojas de pepino producidas en sustratos orgánicos en invernadero.

Table 3. Comparison of mean nutrient content in cucumber leaves produced in organic substrates in greenhouses.

Sustratos	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
E. solarizado	1.48c*	0.48 b	3.56b	2.67b	0.81ba	0.01a	162b	14b	64.5 b	210 b
Vermicompost	1.75c	0.44 b	3.20b	2.79ba	0.62 b	0.09a	144cb	12b	64.5b	200 b
E. sol + vermi	2.33b	0.47 b	3.13b	2.98ba	1.07 a	0.09a	128 c	14b	67.0 b	195 b
S. Steiner	4.97a	0.90 a	4.42a	3.10a	0.94ba	0.12a	258a	18a	84.5 a	273 a
Rango de suficiencia [‡]	4.5-6.0	0.34-1.25	3.9-5.0	1.4-3.5	0.3-1.0	nd	50-300	7-20	25-100	50-300

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). [‡]Rangos de suficiencia nutrimental (Sánchez, 2009) en hojas de pepino (quinta hoja del extremo hacia abajo), colectadas al inicio de floración.

La solución Steiner en los nutrientes N, P, K, Fe, Cu, Zn y Mn, mostraron los mayores valores; éstos estuvieron dentro de los rangos de suficiencia nutrimental para este cultivo. En el caso de los sustratos orgánicos para N y K, mostraron valores por debajo de los rangos requeridos; esto puede deberse a diversas razones: que los sustratos orgánicos no aportaron las cantidades requeridas por este cultivo, ocasiona problemas de baja producción. Sin embargo, para P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn, estos sustratos fueron estadísticamente iguales entre sí y se encontraron dentro del rango óptimo de suficiencia. En general, el testigo (Steiner) promovió el mejor contenido nutrimental en tejido vegetal que los demás sustratos. Lo anterior puede atribuirse a que la solución Steiner contiene los nutrientes en forma iónica y en proporciones adecuadas, un balance de aniones y cationes, lo cual permite una absorción adecuada de todos los nutrientes por las plantas (Lara, 2000).

Rendimiento

En cuanto a rendimiento este mostró diferencias significativas para los diferentes tratamientos evaluados (Figura 4). Se obtuvieron los mayores rendimientos en el tratamiento testigo fertilizado con la solución nutritiva con un valor de 9.87 kg m⁻². El tratamiento de vermicompost obtuvo un rendimiento de 8.45 kg m⁻²; el sustrato de estiércol solarizado reportó el rendimiento más bajo (1.93 kg m⁻²).

El contenido de elementos nutritivos de la vermicompost utilizada puede suponer que las necesidades nutritivas del pepino no fueron satisfechas con los diferentes porcentajes de vermicompost que se empleó en este trabajo.

Es importante señalar que los datos kg m⁻² son equivalente a 4 plantas por metro cuadrado. El criterio para definir el momento de cosecha fue cuando el fruto alcanzara un

In general, the control (Steiner) promoted better nutrient content in plant tissue other substrates. This can be attributed to the Steiner solution containing nutrients in ionic form and in suitable proportions, balance of anions and cations, which allows proper absorption of all nutrients by plants (Lara, 2000).

Yield

In this regard, yield was significantly different for the each treatment tested (Figure 4). The highest yields in the control treatment fertilized with nutrient solution with a value of 9.87 kg m⁻² were obtained. Treatment of vermicompost obtained a yield of 8.45 kg m⁻²; manure substrate solarized reported the lowest yield (1.93 kg m⁻²).

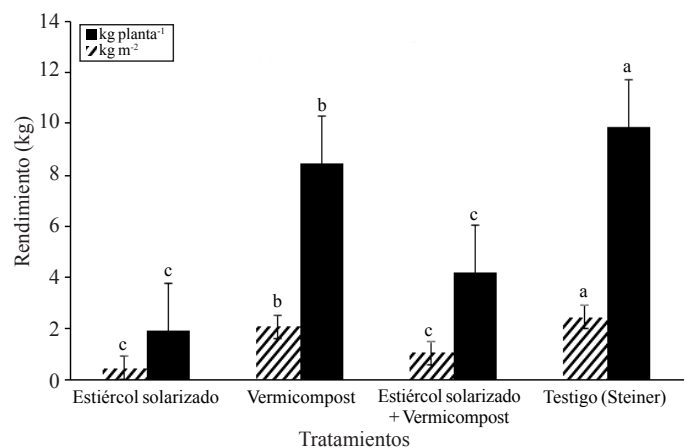


Figura 4. Rendimiento de pepino obtenido en sustratos orgánicos en invernadero. *Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 4. Cucumber yield obtained in greenhouse with organic substrates. *Values with the same letter within each column are statistically similar (Tukey, $p \leq 0.05$).

tamaño comercial; técnicamente esta se realizó a los 14 días posteriores a la apertura de la flor (anthesis), momento en el cual el fruto presentaba una longitud de 19 cm.

Los resultados reportados en esta investigación se pueden comparar con los obtenidos por Chávez (2003), quien en ensayos con híbridos de pepino europeo en condiciones de invernadero reporta rendimientos que oscilan entre 13.6 y 12.2 kg m⁻². Ortiz *et al.* (2009), obtuvieron rendimientos de 19.62 kg m⁻²; con una densidad de 9 plantas m⁻². Grijalva *et al.* (2011), encontraron en los híbridos Luzaka y Marumba rendimientos de 8.5 y 10.3 kg m⁻², respectivamente. Grijalva *et al.* (2010), obtuvieron rendimientos de 12.7 y 9.9 kg m⁻². Las diferencias en los rendimientos reportadas y los obtenidos en este trabajo pueden obedecer a que se trata de experimentos con otros híbridos, diferentes condiciones de clima y de diferente densidad de población.

Respecto a los rendimientos encontrados en enmiendas orgánicas, López-Elías *et al.* (2011), evaluaron compost en pepino y obtuvo rendimientos de 10.6 kg m⁻². Morales (2009), en sustrato de compost reporta 8.6 kg m⁻².

Atiyeh *et al.* (2000), señalan que los vermicompost favorecen el desarrollo de los cultivos en invernadero, cuando éstos se utilizan como sustratos, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas.

En la solución nutritiva utilizada se aportó un total de 21.5 g de N por maceta en el ciclo, con un volumen de riego promedio de 1.46 L día⁻¹ por maceta. Castellanos (2004) señala que del sustrato se lixivia hasta 42 % del N en condiciones de invernadero. La mayor parte del N en las compost es orgánico y durante el proceso de mineralización se libera el N inorgánico disponible al cultivo.

En el caso del Nitrógeno la disponibilidad depende de la tasa de mineralización. Eghball (2000) encontró que la tasa de mineralización de N en composta de bovino de 11%. La mineralización de N se incrementa con la temperatura (Griffin y Honeycutt, 2000), sería de esperarse una mayor tasa de mineralización de N en las condiciones del presente estudio.

Estos resultados señalan que los sustratos orgánicos (vermicompost) representan una opción viable para ser utilizados como fuentes de nutrientes para pepino en invernadero cuando se busca disminuir el uso de fertilizantes convencionales. Al respecto, existen actualmente numerosos

Nutrient content of vermicompost used may assume that cucumber nutritional needs were not satisfied with the different percentages of vermicompost which was used in this work.

Importantly, data given in kg m⁻² are equivalent to 4 plants per square meter. The criterion to determine the time of harvest when the fruit was reached marketable size; Technically this was done at 14 days after flower opening (anthesis), at which time the fruit had a length of 19 cm.

The results reported in this study can be compared with those obtained by Chávez (2003), who in trials with European cucumber hybrids under greenhouse conditions reported yields ranging between 13.6 and 12.2 kg m⁻². Ortiz *et al.* (2009) obtained yields of 19.62 kg m⁻²; with a density of 9 plants m⁻²; Grijalva *et al.* (2011), found in the Luzaka and Marumba hybrid yields of 8.5 and 10.3 kg m⁻², respectively. Grijalva *et al.* (2010) obtained yields of 12.7 and 9.9 kg m⁻². Differences in reported yields and those obtained in this study may be because it is experimenting with other hybrids, different weather conditions and different population density.

As for returns found in organic amendments, López-Elías *et al.* (2011) evaluated and scored compost in cucumber yields 10.6 kg m⁻². Morales (2009), compost substrate reported 8.6 kg m⁻².

Atiyeh *et al.* (2000) indicated that, the vermicompost favour the development of greenhouse crops when they are used as substrates, and that the differences detected in the evaluated variables are due to its nutrient content and the nature of their microbial communities.

Nutrient solution used a total of 21.5 g of N per pot, provided in the cycle, with an average watering volume of 1.46 L day⁻¹ per pot. Castellanos (2004) noted that, the substrate is leached up to 42% of N in the greenhouse. Most of the N in compost is organic and mineralization during the inorganic N available to the crop is released.

In the case of nitrogen, availability depends on the rate of mineralization. Eghball (2000) found that, the rate of N mineralization of composted cattle of 11%. N mineralization increases with temperature (Griffin and Honeycutt, 2000), expecting a higher rate of N mineralization in the conditions of this study.

reportes que señalan la necesidad de disminuir el uso de los fertilizantes químicos, principalmente por los efectos contaminantes de éstos últimos (Gallardo *et al.*, 2009).

Calidad de fruto

En relación a la calidad del fruto, los resultados muestran que los sustratos orgánicos utilizados pueden nutrir el cultivo de pepino dando frutos de la misma calidad que las plantas con nutrición tradicional inorgánica. Los valores promedio de los frutos obtenidos mediante la fertilización orgánica son: pesó 285 g con diámetros y longitudes de 4.9 cm y 19.3 cm respectivamente y un valor de 2.5 °Brix. En el pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema (MCS, 2005) en pepino se establecen dos clases de pepinos en lo referente a sus atributos (dimensiones), donde los frutos obtenidos en este trabajo entran en la clasificación B (diámetro 5.1-6.5 cm y longitud 14-16.5 cm) (PC-021, 2005). Se puede observar que estos frutos producidos orgánicamente bien podrían competir en el mercado convencional.

Conductividad eléctrica (CE) y potencial hidrógeno (pH)

Respecto a la Conductividad eléctrica (CE), la óptima para el cultivo de pepino esta entre 2.2 y 2.7 en hidroponía, lo cual es un indicador de la cantidad de nutrientes disponibles en la solución para ser adsorbidos por el sistema de raíces de la planta. En el Cuadro 4, se observa que al final del ciclo de cultivo la CE bajó de manera considerable, esto es debido a dos cosas: a la absorción de nutrientes por el cultivo y al lavado de nutrientes por el agua de riego.

Cuadro 4. Comparación de medias de conductividad eléctrica (CE) y potencial de hidrógeno (pH) en sustratos orgánicos evaluados para la producción de pepino en invernadero.

Table 4. Comparing means of electrical conductivity (EC) and the potential of hydrogen (pH) in organic substrates evaluated for greenhouse cucumber production.

	Estiércol solarizado	Vermicompost	E.S + Vermi	S. Steiner
CE _{inicial} (dS m ⁻¹)	3.26a	3.21ba	3.67a	1.98c
CE _{final} (dS m ⁻¹)	0.67ba*	1.28ba	0.31b	1.67a
pH _{inicial}	7.76b	7.84a	7.8ab	7.5b
pH _{final}	7.86a	7.58a	8a	7.64a

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

El pepino es una especie que no tolera salinidad; la disminución de rendimiento debida a la salinidad es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de

These results indicate that organic substrates (vermicompost) represent a viable option for use as nutrient sources for greenhouse cucumber when it seeks to reduce the use of conventional fertilizers option. In this regard, there have been numerous reports that indicate the need to reduce the use of chemical fertilizers, mainly by the polluting effects (Gallardo *et al.*, 2009).

Fruit quality

In this regard, the results showed that, the organic substrates might nourish growing cucumber bearing fruit of the same quality those plants with traditional inorganic nutrition. The average values of the fruits obtained by organic fertilization are weighed 285 g with diameters and lengths of 4.9 cm and 19.3 cm, respectively, and a value of 2.5 °Brix. In the specifications for the use of the official mark Mexico Calidad Suprema (MCS, 2005) in two kinds of cucumbers regarding their attributes (dimensions), where the fruits obtained in this study fall within the classification established B (5.1-6.5 cm diameter and length 14-16.5 cm) (PC-021, 2005). It can be seen that these organically produced fruits may well compete in the mainstream market.

Electrical conductivity (EC) and hydrogen potential (pH)

Referring the electrical conductivity (EC), the optimum for growing cucumbers is between 2.2 and 2.7 in hydroponics, which is an indicator of the amount of nutrients available in solution to be adsorbed by the root system of the plant. The

Table 4 shows that at the end of the growing cycle laptop down considerably, this is due to two things: a nutrient uptake by the crop and nutrient leaching by irrigation water.

2.5 dS m⁻¹, 10% para 3.3 dS m⁻¹, 25% para 4.4 dS m⁻¹, 50% para 6.3 dS m⁻¹ y 100% para 10 dS m⁻¹ (Sánchez, 2009).

Respecto a pH, los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en esta variable. En el Cuadro 3, se observa un ligero incremento en las lecturas del pH al final del experimento en los sustratos orgánicos, excepto vermicompost quien presentó una pequeña disminución. Esto puede deberse a que la mineralización de los sustratos orgánicos produjo más nitratos, lo cual provocó una mayor absorción de N por el cultivo, haciendo que la planta excretara iones OH y alcalinizando el medio. Russell (1989) señala que si todo el nitrógeno se absorbe como nitrato, normalmente hay un exceso de absorción de aniones y el pH en el exterior de las raíces puede subir. Mientras que si se absorbe como amonio el pH descenderá.

Conclusiones

El rendimiento de pepino fue mayor con la utilización de la solución Steiner (9.87 kg m⁻²); la mezcla de arena más tierra y vermicompost (80:20) obtuvo el mayor rendimiento de los sustratos orgánicos evaluados con un valor de 8.45 kg m⁻². La utilización del sustrato con vermicompost como medio de crecimiento permite reducir la fertilización tradicional sin afectar significativamente el rendimiento del cultivo. Lo cual se considera una mejora en lo que se refiere a fertilización y sustratos en los sistemas de producción bajo invernadero. Éstos resultados evidencian la posibilidad de producir pepino en sustratos orgánicos bajo invernadero con las mezclas de 80:20 (arena más vermicompost), ya que se produjeron rendimientos estadísticamente similares al testigo. Los resultados obtenidos fortalecen el enfoque de la producción orgánica en la Comarca Lagunera, ya que se promueve el reciclado del principal residuo orgánico generado en la agroindustria pecuaria (estiércol), a través del proceso de vermicomposteo. Ambos procesos potencialmente podrían reducir el empleo de recursos naturales no renovables en la producción de cultivos hortícolas.

Literatura citada

Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Subler, S. and Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bio. Technol.* 78(1):11-20.

Cucumber is a species that does not tolerate salinity at all; yield decreased due to salinity is: 0% to an electrical conductivity of 2.5 dS m⁻¹, 10% for 3.3 dS m⁻¹, 25% for 4.4 dS m⁻¹, 50% for 6.3 dS m⁻¹ and 100% for 10 dS m⁻¹ (Sánchez, 2009).

Concerning pH, analyses of variance showed significant differences in this variable. In Table 3, a slight increase in pH readings at the end of the experiment in organic substrates is observed, except in vermicompost with small decrease. This may be due to the mineralization of organic substrates produced more nitrate, causing increased N uptake by the crop, causing the plant excrete OH ions and alkalizing the medium. Russell (1989) points out that if all the nitrogen is absorbed as nitrate, normally there is excess absorption of anions and pH on the outside of the roots may go up. While if it is absorbed as ammonia the pH decrease.

Conclusions

Cucumber yield was higher with use of Steiner (9.87 kg m⁻²) solution; mixture of sand and soil vermicompost (80:20) obtained the highest yield of organic substrates evaluated with a value of 8.45 kg m⁻². The use of vermicompost as substrate with growth medium reduces the traditional fertilization without significantly affecting crop yield. Which is considered an improvement in terms of fertilization and substrates in greenhouse production systems. These results show the possibility of producing organic substrates cucumber greenhouse with mixtures of 80:20 (vermicompost + sand) because they were statistically similar to the control's yield. The results strengthen the approach to organic production in the Laguna region as the main recycling organic waste generated in animal agribusiness (manure) are promoted through the vermicomposting process. Both processes could potentially reduce the use of non-renewable natural resources in the production of horticultural crops.

End of the English version



Atiyeh, R. M.; Subler, C. A. S.; Edwards, G.; Bachman, J.; Metzger, D. and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología.* 44:579-590.

Castellanos, J. Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. *In: manual de producción hortícola en invernadero.* Castellanos, R. J. Z. y Muñoz, J. J. (Eds.). 2ª (Ed.). Ed. Intagri. INCAPA. 103-123 pp.

- Chávez, C. M. 2003. Avances en la producción de hortalizas en invernadero y casa sombra. *In*: memoria técnica Núm. 11. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora, México. 14-18 pp.
- Clark G. A.; Stanley, C. D.; Maynard, D. N. 1995. Municipal solid waste compost in irrigated vegetable production. *Soil Crop Sci. Soc. Florida*. 54:49-53.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Norma Oficial Mexicana (con carácter de emergencia) NOM-EM-034-FITO-2000. Requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de frutas y hortalizas frescas. México, D. F.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1997. Norma Oficial Mexicana NOM - 037 - FITO-1995, por lo que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D. F. 11 p.
- Domínguez, J.; Lazcano, C. and Gómez, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*. 2:359-371.
- Delgado, M. 1985. Primera jornada nacional de lombricultura. Sociedad Nacional de Agricultura. Centro de Investigación y Desarrollo de Lombricultura. Universidad Santiago de Chile. 51 p.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64:2024-2030.
- Fawzy, Z. F.; El-Bassiony, A. M.; Li, Y.; Ouyang, Z. and Ghoname, A. A. Effect of mineral, organic and bio-n fertilizers on growth, yield and fruit quality of sweet pepper. *J. App. Sci. Res.* 8:3921-3933.
- Figueroa, V. U; Faz C. R.; Quiroga, G. H. M.; Cueto, W. J. A. 2001. Optimización del uso de estiércol bovino en cultivos forrajeros y riesgos de contaminación por nitratos. Informe de investigación. Campo Experimental La Laguna. CIRNO-INIFAP. Matamoros, Coahuila. 40 p.
- Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal (FUMIAF). 2005. Cultivo de pepino Europeo en invernaderos de alta tecnología en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A. C. SAGARPA. México. 37 p.
- Gallardo, A.; Delgado, M.; Morillas, L. y Covelo, F. 2009. Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas*. 18(2):4-19.
- Genevini, P. L.; Adani, F.; Borio, D. y Tambone, F. 1997. Heavy metal content in selected european commercial composts. *Compost Science and Utilization*. 5:31-39.
- Gies, G. 1992. Regulating compost quality in Ontario. *BioCycle*. 33:60-61.
- Griffin, T. S. and Honeycutt, C. W. 2000. Using growing degree days to predict nitrogen availability from livestock manures. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64:1876-1882.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R y Robles, C. F. 2007. Productividad de seis variedades de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de sonora. *Biotecnia*. 9:32-38.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Robles, C. F.; Valenzuela, R. M. J. y Núñez, R. F. 2010. Evaluación de variedades de pepino europeo (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero en Caborca, Sonora. XXXV Congreso Nacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C.1058-1061 pp.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Grijalva, S. A. D. y Contreras, F. R. 2011. Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de sonora. *Biotecnia*. 1:29-36.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. and Shariatmandari, H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *J. plant Nutr.* 27:1107-1123.
- Jayaraj, J.; Parthasarathi, T. and Radhakrishnan, N. V. 2007. Characterization of a *Pseudomonas Fluorescens* strain from tomato rhizosphere and its use for integrated of management tomato dampingoff. *Bio Cntrol*. 52:683-702.
- Khalid, A. A.; Yassen, A. and Sahar, M. Zaghoul, H. 2006. Effect of soil solarization and Cattle Manure on the Growth, Essential Oil and Chemical Composition of *Calendula officinalis* L. *Plants. J. Appl. Sci. Res.* 2(3):142-152.
- Lara, H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Rev. Terra*. 17:221-229.
- López-Eliás, J.; Rodríguez, J. C.; Huez, L. M. A.; Garza, O. S.; Jiménez, L. J. y Leyva, E. E. I. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia* 29:21-27.
- Márquez-Hernández, C.; Cano-Ríos, P.; Chew-Madinaveitia, Y. I.; Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo*. 12:183-189.
- Morales, J.; Fernández, M.; Montiel, A. y Peralta, B. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y en el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*). *Biotecnia*. II: 19-26.
- Moreno, R. A.; Gómez, F. L.; Cano, R. P.; Martínez, C. V.; Reyes, C. J.; Puente, M. J. y Rodríguez, D. N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost:arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 26:103-109.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. y Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 1:26-34.
- México Calidad Suprema (MCS). 2005. PC-021-2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Pepino. Ed. SAGARPA, BANCOMEX, SE. México, D. F. Documento. 17 p.
- Ndegwa, P. M.; Thompson, S. A. and Dass, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71:5-12.
- Ortiz, C. J.; Sánchez del Castillo, F.; Mendoza, C. M. y Torres, G. A. 2009. Características deseables en plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:289-294.
- Peil, R. M. y Gálvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 1:5-11.
- Pinos-Rodríguez, J. M.; García-López, J. C.; Peña-Avelino, J. A.; Rendo-Huerta, J. A.; González-González, C. y Tristán, P. F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 46:359-370.
- Powers, W. 2009. Environmental challenges ahead for the U.S. dairy industry. *In*: Proc. 46th Florida Dairy Production Conference, Gainesville, FL, USA. 13-24 pp.
- Primavesi, M. 1982: Manejo ecológico del suelo. Librería Novel, S. A. Sao Paulo, Brasil. 5ª. Edición. 499 p.
- Romero, E.; Plaza, C.; Senesi, N.; Nogales, R. y Polo, A. 2007. Humic acid-like fractions in raw and vermicomposted winery and distillery wastes. *Geoderma*. 139:397-406.
- Russell E, J. y Wild, A. 1989. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 151-152 pp.

- Sánchez, P. G. 2009. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de cucurbitáceas a campo abierto. 1^{er} Congreso Internacional de Cucurbitáceas. Guadalajara, Jalisco. México. <http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/cucurbitaceas.pdf>.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de Información Agropecuarias de Consulta (SIACON). Versión 1.1. México, D.F.
- Statistical Analysis System (SAS). 2005. SAS/STAT User's Guide, version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Steiner, A., A. 1984. The universal nutrient solution. Proc. 6th Int. Cong. On Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, Holanda. 633- 646 pp.
- Tuzel, Y.; Yagmur, B. and Gumus, M. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. Acta Hort. (ISHS) 614:775-780.